

го двигателя. Результаты разработки методики теплового расчета приведены в [2], в которой выполнена оценка теплового состояния вентильного двигателя кабины лифта и даны рекомендации по снижению перегрева изоляции обмотки статора.

### *Библиографический список*

1. Патент RU 2280936 С2 Н02К 1/16 (2006.01).
2. Носкова М.И., Копытин П.А., Денисенко В.И. Разработка методики теплового расчета вентильного двигателя кабины лифта // Статья в настоящем сборнике. Екатеринбург: УрФУ, 2010. С. 144-147.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАБИНЫ ЛИФТА**

*Носкова М.И., Копытин П.А., Денисенко В.И.*

*УрФУ, e-mail: kem\_em@mail.ustu.ru; shechko@mail.ru*

В докладе приведены результаты разработки методики теплового расчёта безредукторного вентильного двигателя кабины лифта для выбора класса изоляции обмотки статора по нагревостойкости. В основу теплового расчёта положен метод эквивалентных тепловых схем. В качестве объекта теплового расчёта был выбран вентильный двигатель обращенной конструкции мощностью 8 кВт, выполненный по классу изоляции F. Описание конструкции двигателя приведено в [1].

Для построения эквивалентной тепловой модели рассмотрено осевое сечение двигателя (рис. 1).

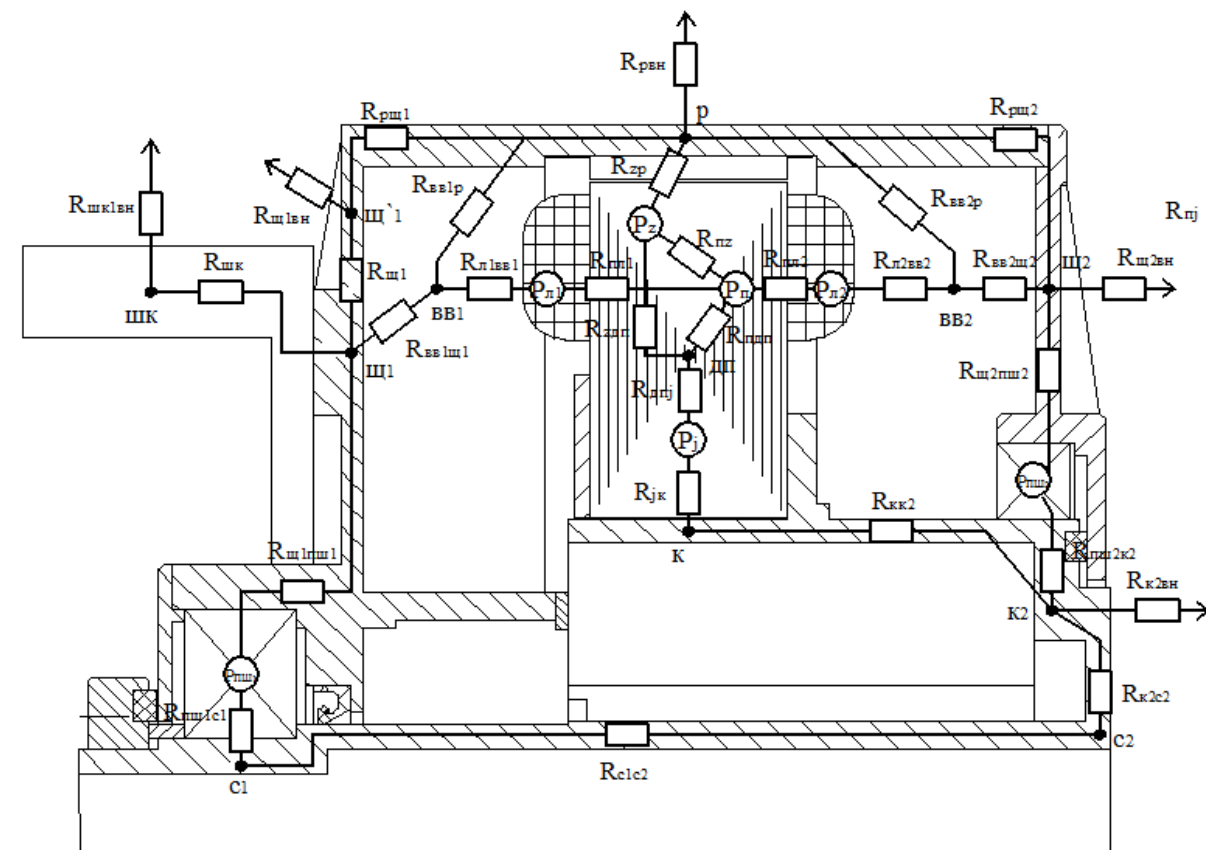


Рис. 1. Эквивалентная тепловая схема вентильного двигателя кабины лифта

В основу теплового расчета лифтового двигателя положена полная тепловая схема, так как условия охлаждения у заднего и переднего подшипниковых щитов различны.

При составлении эквивалентной тепловой схемы было выделено 19 (m) тел, часть которых является источником тепла: пазовая (П) и лобовые (левая (Л1) и правая (Л2)) части обмотки статора, зубцы (Z) и спинка (J) сердечника статора, подшипники (ПШ). Шкив лифта (ШК), задний (Щ1) и передний (Щ2) подшипниковые щиты, ступица (С) и корпус (К) статора, воздух в области лобовых частей (ВВ1 и ВВ2) обмотки статора и ротор (Р) не являются источниками потерь в двигателе. При составлении ЭТС были учтены следующие пути передачи тепла в окружающую среду: передача тепла от ротора, от подшипниковых щитов, торцевой части корпуса и ступицы статора, а также от шкива лифта.

Расчет термических сопротивлений тепловой схемы выполнен на основе рекомендаций, приведенных в технической литературе [2, 3]. В схеме приведены результирующие тепловые сопротивления, встречающиеся на пути выделенных тепловых потоков. Например, термическое сопротивление между ротором и статором включает в себя: сопротивление зубцов статора, воздушного зазора, магнита и клея. При этом тепловое сопротивление обода ротора в радиальном направлении не учитывалось. Общее сопротивление рассчитывается как сумма всех составляющих:

$$R_{\Sigma} = R_Z + R_{\text{МГ}} + R_{\delta} + R_{\text{КЛ}}.$$

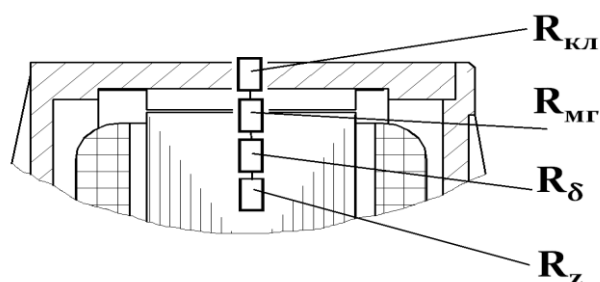


Рис. 2. К расчету термического сопротивления между статором и ротором

При разработке эквивалентной тепловой схемы двигателя был сделан ряд допущений: пренебрегаем поперечным движением теплового потока в сердечнике статора, пренебрегаем путем отвода тепла через вал и ступицу во внутреннюю полость (так как количество теплоты, передаваемое через эти элементы незначительно).

Упрощена также тепловая схема в области подшипниковых узлов (так как из-за маленькой скорости вращения потери в подшипниках незначительны).

Расчет температур узлов проводится на основе законов Ома и Кирхгофа для тепловой цепи. После определения термических сопротивлений участков и мощностей источников тепловыделения формируются матрицы собственных и взаимных проводимостей узлов и вектор приведенных источников теплоты.

Метод эквивалентных тепловых схем реализован в среде Mathcad. Система уравнений тепловой схемы была решена в матричной форме:

$$\Theta = - \lambda^{-1} \cdot P',$$

где  $\Theta$  - матрица-столбец (вектор) неизвестных температур размерности (mx1);  $\lambda^{-1}$  - обращенная матрица проводимостей;  $P'$  - вектор приведенных источников теплоты (потерь) размерности (mx1).

В результате теплового расчета были получены значения перегревов и абсолютных температур основных узлов двигателя для установившегося номинального режима. Наиболее нагретыми узлами оказались обмотка и зубцы статора. Расчетное значение температуры значительно превысило максимально допустимое значение для класса изоляции F. Таким образом, разработанная обратная конструкция вентильного двигателя кабины лифта имеет существенный недостаток, связанный с требованием обеспечения допустимого уровня нагрева обмотки.

Результаты эксперимента, проведенного в НПО «Автоматика», подтвердили, что при повторно – кратковременном режиме, характерном для работы лифта, обмотка статора двигателя действительно имеет недопустимо высокую температуру.

В связи с этим, были приняты меры для снижения перегрева в двигателе. Дополнительное оребрение внешних поверхностей щитов и обода ротора и их обдув не дают результата, так как перегрев их поверхностей по отношению к окружающей среде незначителен (перегрев в  $4...8^{\circ}\text{C}$ ).

Для того чтобы снизить перегрев обмотки статора, предлагается выполнить аксиальные каналы в сердечнике статора и осуществить продув воздуха в них при помощи вентилятора. Второй мерой является снижение внутренних термических сопротивлений пазовой изоляции обмотки двигателя за счет применения более теплопроводных изоляционных материалов и пропиточных сред на основе наноструктурированного оксидонитрида алюминия и повышения качества пропитки.

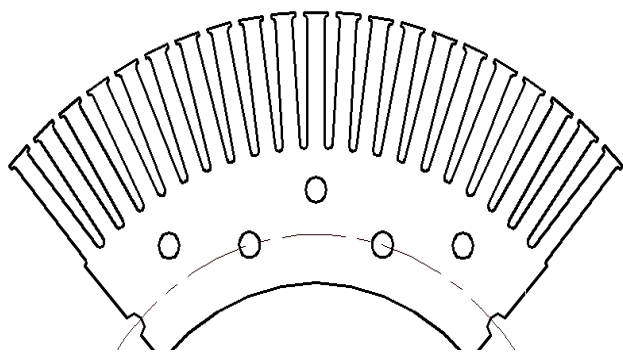


Рис. 3. Сегмент листа статора с аксиальными каналами

Для реализации этих мер в математическую модель тепловой схемы были внесены соответствующие изменения.

Как показали расчеты, принятые меры интенсификации охлаждения лифтового двигателя дали положительный результат: температура изоляции обмотки статора снизилась до  $163^{\circ}\text{C}$  и находится в допустимых пределах для класса изоляции F.

### *Библиографический список*

1. Носкова М.И., Денисенко В.И. Особенности конструкции вентильного двигателя кабины лифта// Статья в настоящем сборнике. С. 142-144.
2. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: Учеб. для вузов / Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жданов. М.: Высш. шк., 1989. 239 с.
3. К оценке ультразвукового способа пропитки обмоток машин переменного тока компаундами с теплопроводящими наполнителями / М.В. Кычанов, В.В. Лыткин., А.И. Ягупов, В.И. Денисенко, А.Т. Пластун // Статья в настоящем сборнике. С. 116-118.